

แบบจำลองปรากฏการณ์การเหวี่ยงของระบบหลุมดำมวลยวดยิ่งเมื่อเกิดปรากฏการณ์การชนกันของดาราจักรทางช้างเผือกและดาราจักรแอนโดรเมดา

(Model of Separation of Supermassive Black Hole while Galactic Collision of Milky Way and Andromeda Galaxy)

ผู้จัดทำโครงการ นายณัฐกฤต อ่อนอุทัย

littlebear_polaris@icloud.com

ครูที่ปรึกษาโครงการ นางวัชรพร ฉลาด

โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ดาราจักรทางช้างเผือก คือดาราจักรที่ระบบสุริยะตั้งอยู่ ซึ่งดาราจักรที่ถือว่าเป็นเพื่อนบ้านของดาราจักรทางช้างเผือกคือ ดาราจักรแอนโดรเมดา ที่อยู่ห่างจากดาราจักรทางช้างเผือก 2.56 ล้านปีแสง สองดาราจักรนี้เป็นศูนย์กลางของกลุ่มดาราจักรท้องถิ่น (Local Group) ซึ่งอยู่ในกระจุกดาราจักรหญิงสาว (Virgo Supercluster) เนื่องจากว่าแรงโน้มถ่วงของทั้งสองดาราจักร และการเคลื่อนที่ของดาราจักรที่ไม่ได้เป็นวงโคจรซึ่งกันและกัน ทำให้ดาราจักรทั้งสองจะมาชนกัน

โครงการ แบบจำลองปรากฏการณ์ Separation ของระบบหลุมดำมวลยวดยิ่งเมื่อเกิดปรากฏการณ์การชนกันของดาราจักรทางช้างเผือกและดาราจักรแอนโดรเมดา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและจำลองปรากฏการณ์การดึงดูดและการเหวี่ยงของหลุมดำมวลยวดยิ่ง (Supermassive black hole) ซึ่งเดิมอยู่ที่ใจกลางของดาราจักรทางช้างเผือก และดาราจักรแอนโดรเมดา ซึ่งดาราจักรทั้งสองจะชนกันภายใน 3 พันล้านปีตามสมมติฐานของงานวิจัยก่อนๆ ซึ่งผู้จัดทำได้ศึกษาถึงพฤติกรรมของหลุมดำทั้งสองว่า จะมีการเคลื่อนที่โดยได้รับอิทธิพลจากหลุมดำอื่นซึ่งกันและกันอย่างไร โดยใช้การจำลอง N-body Simulation และ Dynamical friction ของ Chandrasekhar ใน โปรแกรม Matlab จากผลการจำลอง ได้ว่า หลุมดำมวลยวดยิ่งของดาราจักรทั้งสองจะชนและรวมกันภายใน 4.5 พันล้านปี

บทนำ

ดาราจักรทางช้างเผือก (Milky Way) เป็นดาราจักรแบบก้นหอยมีแกน ซึ่งระบบสุริยะ ดวงอาทิตย์ รวมถึงโลก เป็นส่วนหนึ่งของดาราจักรนี้ ดาราจักรทางช้างเผือกมีดาราจักรเพื่อนบ้านคือ ดาราจักรแอนโดรเมดา (Andromeda Galaxy:M31) ซึ่งอยู่ห่างจากระบบสุริยะ 770 MPc ทั้งสองดาราจักรเป็นศูนย์กลางของกลุ่มดาราจักรท้องถิ่น (Local Group) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มกระจุกดาราจักรหญิงสาว (Virgo Supercluster) ดาราจักรสองดาราจักรนี้ ไม่ได้เคลื่อนที่เป็นวงโคจรเป็นระบบซึ่งกันและกัน จึงสามารถทำนายได้ว่า ทั้งสองดาราจักร จะชนกัน (Collision) และหลุมดำมวลยวดยิ่ง (Supermassive Black Hole) ซึ่งเป็นศูนย์กลางของทั้งสองดาราจักร จะเกิดการเหวี่ยง (Separation) และรวมกัน โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อทำนาย

ลักษณะของปรากฏการณ์การเหวี่ยงของหลุมดำมวลยวดยิ่งของดาราจักรทางช้างเผือกและดาราจักรแอนโดรเมดา เมื่อทั้งสองดาราจักรชนกัน และปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการเหวี่ยงและการรวมกันของดาราจักร

วิธีการศึกษา

1. ข้อมูลของระบบแอนโดรเมดา-ทางช้างเผือก

ตัวแปร	ค่าของตัวแปร
ระยะห่างระหว่างระบบสุริยะ-ดาราจักรแอนโดรเมดา	770 kPc
ระยะห่างระหว่างระบบสุริยะ-ศูนย์กลางทางช้างเผือก	8.5 kPc
แกนการโคจรรอบตัวเองของดาราจักรแอนโดรเมดา ในระบบพิกัดศูนย์กลางสูตร	39.8 deg 77.5 deg
ตำแหน่งของดาราจักรแอนโดรเมดาในระบบพิกัดฉาก	-379.2 612.7 -283.1
ตำแหน่งของดาราจักรแอนโดรเมดา (RA)	00h 42m 44.3s
ตำแหน่งของดาราจักรแอนโดรเมดา (Dec)	+41 16 09.4
ความเร็วในแนวเส้น	117 km/s
ความเร็วในแนวขวาง	42 km/s

2. ข้อมูลของดาราจักรทางช้างเผือกและดาราจักรแอนโดรเมดา

ตัวแปร	ดาราจักรทางช้างเผือก	ดาราจักรแอนโดรเมดา	ระบบรวม
จำนวนอนุภาค	350000	350000	700000
มวลรวม	335.232666	293.737518	628.97018
Disk mass	15.1457396	34.1285782	-
Bulge mass	5.10096455	12.3888931	-
Halo mass	314.985962	247.220047	-
Disk edge	32	32	-
Bulge Edge	3.05999994	8.05999947	-
Halo Edge	244.48999	201.619995	-

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 แรงโน้มถ่วงระหว่างมวล

ให้มวลรวมของระบบ แทนด้วย M_{tot} จะได้

$$\ddot{r} = -\frac{GM_{tot}}{r^2}$$

คูณพจน์ความเร็วและอินทิเกรตเทียบเวลาทั้งสองข้าง จะได้

$$\int \ddot{r} \dot{r} dt = -\int \frac{GM_{tot}}{r^2} \dot{r}$$
$$\frac{\dot{r}^2}{2} = \frac{GM_{tot}}{r} + C$$
$$|\dot{r}| = \sqrt{\frac{2GM_{tot}}{R} + 2C}$$

เมื่อ R คือตำแหน่งของการเหวี่ยง (Separation)

3.2 ความเสียดทานพลศาสตร์ (Dynamical friction)

เมื่อดาราจักรทั้งสองมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน อนุภาคในดาราจักรจะเคลื่อนที่โดยมีความหน่วง เนื่องจากสสารมืดที่อยู่ในดาราจักร เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าความเสียดทานพลศาสตร์ ซึ่งความเสียดทานพลศาสตร์สามารถอธิบายได้ด้วยสมการ

$$f_d = \frac{CG^2M^2\rho}{v_m^2}$$

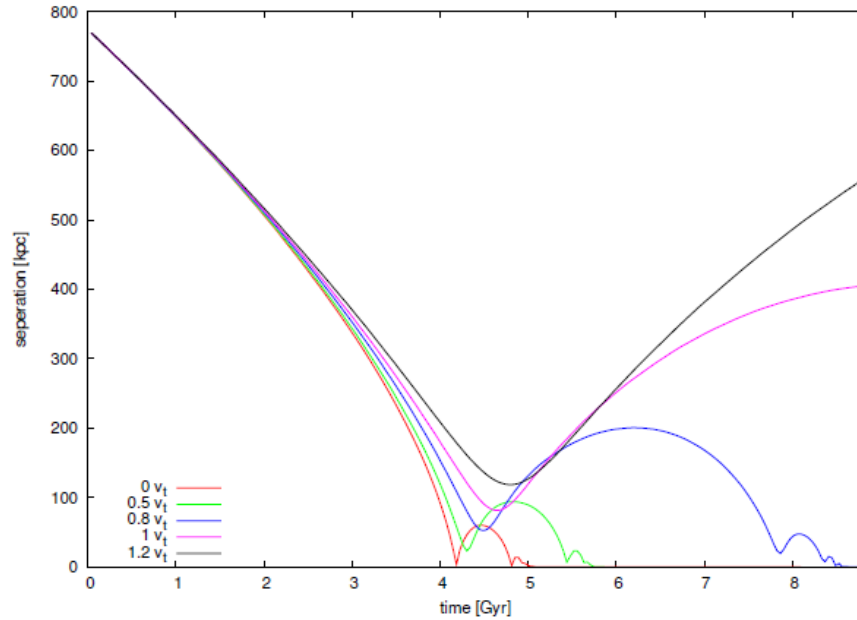
เมื่อ C เป็นปริมาณที่ไม่มีหน่วยและมีค่าไม่คงที่ เป็นฟังก์ชันที่ขึ้นอยู่กับการกระจายความเร็ว (Velocity Dispersion)

4. ขั้นตอนการศึกษา

จากข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปศึกษาในโปรแกรม Matlab โดยการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างกราฟ และ simulation และปรับเปลี่ยนบางค่าของตัวแปร เช่น ความเร็วในแนวขวาง เป็นต้น

ผลการศึกษา

เมื่อให้ความเร็วในแนวเล็ง และความเร็วในแนวขวางของดาราจักรแอนโดรเมดาคือ 117 km/s และ 42 km/s ตามลำดับ และเปรียบเทียบเมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วในแนวขวางเป็น $0 v_t$, $0.5 v_t$, $0.8 v_t$ และ $1.2 v_t$ ตามลำดับ



สรุปผลการศึกษา

จากกราฟที่ได้จากการจำลอง จะได้ว่า ถ้าดาราจักรแอนโดรเมดามีความเร็วในแนวขวางเท่ากับ 42 km/s หลุมดำมวลยวดยิ่งของดาราจักรแอนโดรเมดาและดาราจักรทางช้างเผือกจะอยู่ใกล้กันมากที่สุดครั้งแรกในอีก 4.5 พันล้านปีข้างหน้า และจะเกิดการเหวี่ยงจนผ่านไปอีกประมาณ 4 พันล้านปี หลุมดำมวลยวดยิ่งของทั้งสองดาราจักรจะรวมกันเป็นหลุมดำเดี่ยว และดาราจักรทั้งสองจะรวมกันเป็นดาราจักรแบบวงรี ซึ่งจากการทำแบบจำลอง พบว่า มีปัจจัยหลายอย่างที่สามารถส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการเหวี่ยงของดาราจักร ซึ่งการจะทำให้ความผิดพลาดของการศึกษาดังกล่าวลดน้อยลง คือการเพิ่มปัจจัยหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เพื่อเพิ่มความเป็นไปได้ของผลการศึกษามากยิ่งขึ้น

อภิปรายผลการศึกษา

จากกราฟที่ได้จากการจำลอง จะเห็นได้ว่า ยิ่งมีความเร็วในแนวขวางมากขึ้น เวลาในขณะการเหวี่ยงของหลุมดำมวลยวดยิ่งและเวลาจนถึงการรวมกันของหลุมดำจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากถ้ามีความเร็วในแนวขวางมาก โอกาสที่หลุมดำมวลยวดยิ่งทั้งสองจะอยู่ใกล้กันจะมีค่าน้อยลง และถ้าในทุกกรณี มีความเร็วในแนวเล็ง ซึ่งตรวจวัดได้จากปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ มีค่าเท่ากัน ยิ่งความเร็วในแนวขวางเพิ่มขึ้น พลังงานจลน์จะมีค่ามากขึ้นตาม และการใกล้กันของหลุมดำมวลยวดยิ่งที่มีโอกาสน้อยลง ทำให้การห้วงเนื่องจากความเสียดทานพลศาสตร์มีค่าต่ำลงตามไปด้วย จึงต้องใช้เวลานานในการลดพลังงานจลน์ของดาราจักรให้ลดลงพอที่จะรวมกับหลุมดำอื่น

กิตติกรรมประกาศ

1. นางวัชรพร ฉลาด ที่ปรึกษาโครงการ

เอกสารอ้างอิง

J.C.J.G. Withagen. **On the collision between the Milky Way and the Andromeda Galaxy.**

Jennifer Read. **The Stability of Model Disk Galaxies.** 1997

Hubert L. Bray. **On Dark Matter, Spiral Galaxies, and the Axioms of General Relativity.** 2010

Micheal Seeds and Dana Backman. **Foundation of Astronomy.** 12th edition. Cengage Learning Press.

บุญรักษา สุนทรธรรม(2550). **ดาราศาสตร์ฟิสิกส์. ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.**